

**Das Schlagvolumen in Ruhe und bei  
körperlicher Arbeit bei Gesunden  
und Herzkranken**

Helga Leh

1960





Digitized by the Internet Archive  
in 2026



AUS DER  
MEDIZINISCHEN POLIKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. W. Seitz

---

**Das Schlagvolumen in Ruhe und bei  
körperlicher Arbeit bei Gesunden  
und Herzkranken**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
verfaßt und  
einer Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

**Helga Leh**  
aus Coburg

München 1960

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Referent: Privat-Dozent Dr. H. NOWY  
Correferent: Professor Dr. W. SEITZ  
Dekan: Professor Dr. H. EYER

Tag der mündlichen Prüfung: 21.12.1960



## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                           | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| EINLEITUNG                                                                | 5     |
| EIGENE UNTERSUCHUNGEN MIT DER<br>FARBSTOFFVERDÜNNUNGSMETHODE              | 6     |
| Ausführung                                                                | 6     |
| Farbstoffmessung                                                          | 7     |
| Berechnung                                                                | 8     |
| Ergebnisse                                                                | 9     |
| Besprechung                                                               | 20    |
| MIT ANDEREN METHODEN GEWONNENE ERGEBNISSE<br>NACH ANGABEN DES SCHRIFTTUMS | 21    |
| Untersuchung mit der Fremdgasmethode                                      | 21    |
| Ballistokardiographische Unter-<br>suchungen                              | 26    |
| Ficksche Methode unter Anwendung<br>der Herzkatheterisierung              | 27    |
| DISKUSSION                                                                | 30    |
| ZUSAMMENFASSUNG                                                           | 31    |
| LITERATUR                                                                 | 32    |
| LEBENS LAUF                                                               | 36    |



Die Bestimmung des Schlagvolumens während Ruhe und Arbeit ermöglicht einen Einblick in die hämodynamische Situation des Herzens. Aber gerade dem Versuch der objektiven Erfassung dieser physiologischen Größe werden große Schwierigkeiten entgegengesetzt. Die Untersuchungsmethoden zur Bestimmung des Schlagvolumens unter verschiedenen körperlichen Bedingungen sind indirekt. Das Resultat aller dieser Methoden stellt einen Annäherungswert dar und darf bei Anspruch auf Exaktheit lediglich als Schlagvolumenvergleichszahl bezeichnet werden.

Unter den zur Schlag- und Minutenvolumenbestimmung am Menschen zur Verfügung stehenden Methoden ergibt die Messung nach dem direkten FICKschen Prinzip die genauesten Werte. Ihre Anwendung ist jedoch wegen der dazu notwendigen Katheterisierung nur in Ausnahmefällen möglich.

Zur Beurteilung der Genauigkeit indirekter Methoden muß der Vergleich mit gleichzeitig ausgeführten Messungen nach dem FICKschen Prinzip herangezogen werden. Solche Vergleiche wurden hauptsächlich mit der Farbstoffverdünnungsmethode nach HAMILTON (18) ausgeführt und ergaben weitgehende Übereinstimmung der gleichzeitig bestimmten Werte.

Diese Methode erscheint daher für eine breitere klinische Anwendung sehr geeignet, da die Untersuchung wiederholt durchgeführt werden kann und die Eingriffe am Patienten gering sind.

Im folgenden wird über Untersuchungen berichtet, bei denen das Schlag- und Minutenvolumen mit der Farbstoffverdünnungsmethode in Ruhe und während Arbeit bei 20 Gesunden und 20 Herzkranken bestimmt wurde.

Es sollte untersucht werden, ob und in welchem Ausmaß eine Steigerung des Schlagvolumens zur Steigerung des Herzzeitvolumens bei körperlicher Arbeit beim Herzgesunden beiträgt und in welcher Weise sich Herzkranken darin vom Gesunden unterscheiden.

Die erste Frage schien aufgrund älterer Untersuchungen klar entschieden und zwar in dem Sinne, daß Steigerung des Schlagvolumens und der Frequenz beteiligt sind. Durch neuere Untersuchungen durch ASMUSSEN und NIELSEN (2), SJÖSTRAND (26), RUSHMER (22) wurde eine Schlagvolumensteigerung jedoch in Frage gestellt. Die zweite Frage, nämlich das Schlagvolumenverhalten bei Herzkranken, erscheint auch von diagnostischem Interesse, da es Einblick in die Reserven des geschädigten Herzens geben dürfte.

Die eigenen Ergebnisse werden mit den durch andere Untersuchungsmethoden gewonnenen Resultaten mehrerer Autoren verglichen.

## EIGENE UNTERSUCHUNGEN MIT DER FARBSTOFFVERDÜNNUNGSMETHODE

Das Verfahren zur Bestimmung der Konzentration eines färbenden Stoffes im Blut durch photometrische Registrierung des Absorptionsgrades unter Benutzung von Eichkurven (absolute Kolorimetrie) geht auf HAMILTON (8) und Mitarbeiter zurück. Das als Farbstoff verwandte Evans-Blue besitzt sein Absorptionsmaximum bei 620 m $\mu$ .

Das Prinzip des Verfahrens beruht auf einer schnellen Injektion einer genau abgemessenen Menge Farbstoffs in eine periphere Vene, in den rechten Ventrikel oder in die Pulmonalarterie und der Bestimmung der Farbstoffkonzentration im Plasma von arteriellen Blutproben während der ersten Farbstoffpassage.

Zahlreiche an verschiedenen Stellen ausgeführte vergleichende Messungen mit der Kathetermethode ergaben gut übereinstimmende Werte. Die Methode ist zwar gleichfalls zeitraubend und erfordert reibungslose Zusammenarbeit eines Teams, kann aber im Gegensatz zur Fickschen Bestimmung mehrfach und in größeren Zeitabständen wiederholt werden. Sie erscheint daher für spezielle Fragen der pathologischen Physiologie des Kreislaufes und auch für diagnostische Zwecke besonders geeignet.

Herzfunktionsprüfungen mit der Farbstoffverdünnungsmethode werden an der Münchener Poliklinik seit einigen Jahren in zahlreichen sorgfältigen Untersuchungen unter verschiedenen körperlichen Bedingungen ausgeführt (NOWY, 20, 21), so daß das große Material einen Überblick über die einzelnen Kreislaufgrößen zuläßt. Die Methodik ist, wie ich an eigener Untersuchung feststellen konnte, vollkommen schmerzlos, sicher und gefahrlos. Die benötigte Blutmenge zur Bestimmung ist gering, ca. 30 - 35 ccm pro Messung. Außer der Arterienpunktion stellt das Verfahren keinen größeren Eingriff in den Organismus dar.

### Ausführung

Zur Bestimmung der Herzfunktion ist es notwendig, daß der Patient unter Grundumsatzbedingungen, also vollkommen ausgeruht und nüchtern zur Untersuchung kommt. Nach 1/2 - 1stündiger Ruhezeit im Liegen wird zur Mitregistrierung der Herzfrequenz ein Oszillograph mit Extremitätenableitung angeschlossen. Zur späteren Entnahme der arteriellen Blutproben wird nach Lokalanästhesie mit 2 % Novocain die Arterienpunktionsnadel nach COURNAND in eine Brachialarterie eingelegt. Die Haut über der Cubitalvene des anderen Armes wird ebenfalls mit Novocain infiltriert. Kurz vor und während der Untersuchung wird der Sauerstoffverbrauch mit der Doppelspirometrie mit automatischem Sauerstoffnachschub (Pulmo-

rest-GODART) bei Atmung von Zimmerluft gemessen. Vor jeder Untersuchung erfolgt eine Blutentnahme für das Leerplasma und den Hämatokritwert.

Bei der Injektion von genau abgemessenen 2 ccm Evans-Blue in die Cubitalvene muß auf eine exakte Lage der Punktionsnadel geachtet werden, um einen glatten Verlauf des Farbstoffes ohne Abflußbehinderung zu ermöglichen.

Die Entnahme des Arterienblutes aus der COURNAND'schen Verweilkanüle erfolgt nach einem Verfahren, das auf den Angaben von NOWY (21) beruht. 24 enge Glasröhrchen von ca. 2 ccm Inhalt, die mit einer Spur festen Heparins versehen sind, werden in einen perforierten dickwandigen Gummischlauch gesteckt und von Beginn der Farbstoffinjektion an im Takt eines Zeitgebers an der Arterienpunktionsnadel vorbeigeführt. Das ausströmende Blut wird in 1 - 2 Sekundenportionen gesammelt. Während der ganzen Untersuchung wird das EKG mitregistriert und bei 30 und 60 Sekunden eine Eichmarke gesetzt. Nach Beendigung der Blutentnahme werden die Blutproben mit Gummistopfen verschlossen und bei 3000 Umdrehungen 10 Minuten lang zentrifugiert. 10 Minuten nach der Injektion wird nochmals eine Probe entnommen, um die Konzentration gegenüber Leerplasma zu ermitteln. Nach 10 - 20 Minuten Ruhezeit erfolgt die zweite Messung nochmals in Ruhe, um den möglichen Erregungseffekt auszuschließen.

Die Belastung wird in unveränderter Lage durch abwechselndes Beugen und Strecken der Beine durchgeführt, wobei der Patient je ein 7 kg schweres Gewicht über eine Rolle hebt. Der Sauerstoffverbrauch wird mitregistriert. Die Messung selbst erfolgt 10 Minuten nach Arbeitsbeginn bei fortgesetzter Muskelarbeit in gleicher Weise wie in Ruhe.

Sorgfältig und ausreichend lange Kompression der Arterienpunktionsstelle nach Entfernung der Nadel beendet die Untersuchung.

### Farbstoffmessung

In dekantierten und nochmals 10 Minuten zentrifugierten Plasmaproben wird die Extinktion bei einer Wellenlänge von 620 m $\mu$  gegenüber Leerplasma untersucht. Wir verwenden hierbei ein Spektralphotometer nach Zeiss, Küvetten von 2 mm Tiefe und 1 cm Breite. Die Farbstoffkonzentration wird mit Hilfe einer Eichkurve ermittelt, die mit normalem Plasma durch verschiedene Farbstoffverdünnungen hergestellt worden war.

Zur Kontrolle wird bei jedem Patienten ein Farbstoffstandard angesetzt, bei dem 2 ccm Leerplasma mit 0,005 ml Evans-Blue der gleichen Ampulle versetzt werden.

## Berechnung

Die erhaltenen Farbstoffkonzentrationswerte werden in Abhängigkeit von der Zeit nach der Injektion in ein Koordinatensystem auf semilogarithmischem Papier eingetragen. Man erhält einen charakteristischen Kurvenverlauf, wobei der absteigende Kurvenast in einer Geraden verläuft, die von einem Knick unterbrochen wird. Dieser Knick ist Ausdruck des erneuten Konzentrationsanstiegs, bedingt durch Farbstoffteilchen, die nach Passieren des gesamten Kreislaufes zum zweiten Male an der Registrierstelle erscheinen (Rezirkulation). Der Anfangsteil des absteigenden Kurvenastes wird nach einem Vorgehen von HAMILTON (9) auf graphischem Wege extrapoliert. Hierbei müssen wenigstens 3 aufeinanderfolgende Punkte eine exakte Gerade bilden. Rezirkulation wird dadurch eliminiert. Erst jetzt ist eine Berechnung des Minutenvolumens und anderer Kreislaufgrößen möglich.

$$\text{Herzminutenvolumen (MV)} = \frac{\text{mg injizierter Farbstoff} \cdot 60}{\sum c} \times \frac{100}{100 - Ht}$$

$$\text{Herzindex (HI)} = \frac{\text{Herzminutenvolumen (l)}}{\text{Körperoberfläche (qm)}}$$

$$\text{Schlagvolumen (SV)} = \frac{\text{Herzminutenvolumen}}{\text{Schlagfrequenz}}$$

$$\text{Mittl. Kreislaufz. (MKZ)} = \frac{\sum c \cdot t}{\sum c}$$

$$\text{Zentrales Blutvolumen (ZBV)} = \frac{\text{mittl. Kreislaufzeit} \times \text{Minutenvolumen}}{60}$$

$$\text{Plasmavolumen (PV ml)} =$$

$$\frac{\text{ml injizierter Farbstoff}}{\text{Extinktion des } 10^{\circ} \text{ Wertes}} \times \text{Standardverdünnung} \times \text{Standardextinkt.}$$

$$\text{Blutvolumen (BV)} = \frac{\text{Plasmavolumen} \times 100}{100 - \text{Hämatokrit}}$$

$$\sum c = \text{Summe der Konzentrationen in mg/l in jeder Sekunde während der ersten Farbstoffpassage.}$$

$$\sum c \cdot t = \text{Summe der Produkte aus der Zeit in Sekunden nach der Injektion und zugehöriger Konzentration in mg/l.}$$

$$KO = \text{Körperoberfläche in qm.}$$

$$HT = \text{Hämatokrit des arteriellen Blutes. Der abgelesene HT wird zur Korrektur des eingeschlossenen Plasmas mit 0,96 multipliziert.}$$

## Ergebnisse

Aus der großen Anzahl von Kreislauffunktionsprüfungen der Arbeitsgruppe NOWY und Mitarbeiter nach der STEWART-HAMILTON-Methode werden 20 Fälle ohne pathologische Herzerscheinungen, also Normalpersonen, 20 Fällen mit Herzklappenfehlern gegenübergestellt (5 Patienten mit Aorteninsuffizienz, 2 Patienten mit kombiniertem Aorten-Mitralvitium und 13 Patienten mit Mitralvitium, vorwiegend Stenosen). Bei allen Untersuchungen wurden die Kreislaufgrößen während völliger Ruhe und unter körperlicher Belastung bestimmt. Näher betrachtet wird das Schlagvolumen, seine Durchschnittswerte bei Ruhe und seine Änderung bei Arbeit. Die Steigerung des Minutenvolumens bei Arbeit wurde auf die Zunahme des Sauerstoffverbrauches bezogen, mit einem normalen Sollwert der MV-zunahme von 800 ml pro 100 ml Sauerstoffmehrverbrauch.

Bei der Gruppe der Normalpersonen lassen sich 12 mit normalem Herzindex und 8 mit erhöhtem Herzindex in Ruhe unterscheiden, was auf den Erregungseffekt bezogen werden kann.

8 Normalpersonen mit erhöhtem Herzindex in Ruhe:

| Nr. | Name, Alter<br>Geschlecht | F         | KO   | MV             | HI            | SV         | MKZ            | ZBV          | PV           | BV           |
|-----|---------------------------|-----------|------|----------------|---------------|------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 1   | E. K. 29 J.<br>♂          | 90<br>100 | 1,82 | 7,31<br>12,10  | 4,03<br>6,64  | 92<br>121  | 23,40<br>14,62 | 2,85<br>2,95 | 3,68<br>3,62 | 6,27<br>6,21 |
| 2   | St. H. 23 J.<br>♂         | 64<br>99  | 1,70 | 6,90<br>11,23  | 4,05<br>6,63  | 107<br>114 | 21,60<br>13,20 | 2,48<br>2,47 | 3,20<br>3,10 | 5,54<br>5,44 |
| 3   | N. H. 39 J.<br>♂          | 94<br>95  | 1,85 | 9,78<br>10,70  | 5,26<br>5,76  | 104<br>111 | 11,00<br>11,00 | 1,79<br>2,62 | 3,07<br>2,96 | 5,58<br>5,44 |
| 4   | L. H. 24 J.<br>♀          | 99<br>126 | 1,74 | 8,38<br>11,55  | 4,83<br>6,64  | 85<br>92   | 11,70<br>9,47  | 1,64<br>1,82 | 2,62<br>2,58 | 4,14<br>4,15 |
| 5   | W. H. 30 J.<br>♂          | 82<br>95  | 1,90 | 8,44<br>9,34   | 4,45<br>4,92  | 103<br>98  | 29,50<br>17,50 | 4,15<br>2,73 | 3,50<br>3,55 | 6,12<br>6,21 |
| 6   | R. J. 19 J.<br>♀          | 94<br>104 | 1,73 | 10,60<br>13,20 | 6,13<br>7,64  | 113<br>127 | 13,60<br>16,30 | 2,40<br>3,59 | 2,77<br>2,76 | 4,48<br>4,49 |
| 7   | E. J. 20 J.<br>♂          | 64<br>100 | 1,90 | 8,64<br>21,80  | 4,55<br>11,50 | 135<br>218 | 16,60<br>10,30 | 2,39<br>3,77 | 3,46<br>3,43 | 5,93<br>5,82 |
| 8   | O. A. 33 J.<br>♂          | 81<br>104 | 1,63 | 7,25<br>11,97  | 4,45<br>7,35  | 89<br>115  | 21,60<br>17,10 | 2,16<br>3,14 | 3,12<br>3,15 | 6,07<br>6,08 |

Durchschnittswerte:

Ruhe:

Arbeit:

|     |       |      |      |     |
|-----|-------|------|------|-----|
| 83  | 1,78  | 8,41 | 4,72 | 103 |
| 103 | 12,74 | 7,13 | 124  |     |

## 12 Normalpersonen mit normalem Herzindex:

| Nr. | Name, Alter<br>Geschlecht | F         | KO   | MV            | HI           | SV         | MKZ            | ZBV          | PV           | BV           |
|-----|---------------------------|-----------|------|---------------|--------------|------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 9   | M. Ph. 57 J.<br>♂         | 70<br>84  | 1,70 | 6,86<br>11,51 | 4,00<br>6,73 | 98<br>137  | 21,80<br>18,28 | 2,49<br>3,51 | 3,39<br>3,43 | 5,55<br>5,71 |
| 10  | Z. M. 34 J.<br>♂          | 48<br>59  | 1,84 | 4,58<br>7,84  | 2,48<br>4,26 | 95<br>133  | 34,40<br>29,60 | 2,62<br>3,86 | 3,47<br>3,52 | 5,92<br>6,07 |
| 11  | B. Fr. 44 J.<br>♂         | 57<br>73  | 1,70 | 6,50<br>9,05  | 3,82<br>5,32 | 114<br>124 | 29,50<br>29,30 | 3,20<br>4,42 | 2,67<br>2,71 | 4,98<br>4,92 |
| 12  | K. E. 37 J.<br>♂          | 65<br>84  | 1,97 | 6,56<br>9,37  | 3,31<br>4,73 | 100<br>111 | 25,30<br>14,10 | 2,77<br>2,20 | 3,14<br>3,19 | 5,34<br>5,46 |
| 13  | M. R. 44 J.<br>♂          | 71<br>97  | 1,77 | 6,70<br>9,95  | 3,79<br>5,62 | 94<br>103  | 23,70<br>15,40 | 2,65<br>2,55 | 2,94<br>3,00 | 5,43<br>5,54 |
| 14  | S. H. 30 J<br>♂           | 63<br>89  | 2,26 | 6,63<br>11,24 | 2,93<br>4,97 | 105<br>126 | 39,80<br>22,30 | 4,40<br>4,18 | 3,80<br>3,54 | 7,10<br>6,43 |
| 15  | M. Vi. 58 J.<br>♂         | 70<br>90  | 1,60 | 5,58<br>9,20  | 3,48<br>5,75 | 80<br>102  | 37,20<br>27,20 | 3,46<br>4,17 | 2,79<br>2,81 | 5,01<br>5,11 |
| 16  | v. K. W. 55 J.<br>♂       | 73<br>95  | 1,85 | 5,86<br>8,75  | 3,17<br>4,76 | 80<br>92   | 21,20<br>15,30 | 2,07<br>2,23 | 2,88<br>2,77 | 5,04<br>4,85 |
| 17  | K. G. 29 J.<br>♂          | 77<br>108 | --   | 7,90<br>11,60 | --<br>--     | 101<br>108 | 15,40<br>10,80 | 2,03<br>2,11 | 3,03<br>2,97 | 6,07<br>5,95 |

| Nr. | Name, Alter<br>Geschlecht | F         | KO   | MV            | HI           | SV         | MKZ            | ZBV          | PV           | BV           |
|-----|---------------------------|-----------|------|---------------|--------------|------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 18  | W. J. 62 J.<br>♂          | 65<br>76  | 1,84 | 5,65<br>7,04  | 3,07<br>3,83 | 87<br>93   | 28,20<br>26,20 | 2,66<br>3,07 | 3,80<br>3,86 | 6,44<br>6,58 |
| 19  | Sch. F. 22 J.<br>♂        | 50<br>104 | 1,91 | 7,43<br>15,37 | 3,90<br>8,30 | 148<br>148 | 39,00<br>17,00 | 4,83<br>4,35 | 3,56<br>3,23 | 6,76<br>6,32 |
| 20  | D. M. 22 J.<br>♂          | 70<br>80  | 1,88 | 5,15<br>8,54  | 2,75<br>4,59 | 74<br>107  | 33,40<br>19,90 | 2,87<br>2,84 | 3,10<br>2,98 | 5,50<br>5,30 |

## Durchschnittswerte:

|         |    |      |      |      |     |
|---------|----|------|------|------|-----|
| Ruhe:   | 65 | 1,84 | 6,28 | 3,34 | 98  |
| Arbeit: | 86 |      | 9,96 | 5,60 | 115 |

Das Ruheminutenvolumen liegt bei den beiden Gruppen im Durchschnitt zwischen 6,30 und 8,40 Ltr. und steigt sich unter Arbeitsbedingung um ein Drittel des Ruhewertes. An der Minutenvolumenzunahme sind Frequenz und Schlagvolumen beteiligt. Die Schlagvolumensteigerung liegt bei 20 %. In keinem Fall erfolgte eine Abnahme. Bei einem jungen Sportler lediglich bleibt das Schlagvolumen unverändert bei 148 ccm. Das Maximum von 60 % Schlagvolumenzunahme wird bei einem 20jährigen Hochleistungssportler beobachtet.

Klinisch wurde hier ein juveniler Hochdruck gefunden.

Die Patienten mit Herzklappenfehlern werden in 3 Gruppen unterteilt:

1. Aorteninsuffizienz (5 Fälle)
2. Kombiniertes Aorten-Mitralvitium (2 Fälle)
3. Mitralvitien (13 Fälle).

Aorteninsuffizienz:

| Nr. | Name, Alter<br>Geschlecht | F         | KO   | MV             | HI           | SV         | MKZ            | ZBV          | PV           | BV           |
|-----|---------------------------|-----------|------|----------------|--------------|------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 1   | B. E. 28 J.<br>♂          | 86<br>98  | 1,80 | 10,32<br>11,53 | 5,74<br>6,41 | 120<br>118 | 12,50<br>13,44 | 2,15<br>2,58 | 3,06<br>3,09 | 5,74<br>5,62 |
| 2   | R. B. 29 J.<br>♂          | 85<br>104 | 1,90 | 10,85<br>13,90 | 5,65<br>7,24 | 128<br>133 | 21,30<br>16,50 | 3,85<br>3,82 | 3,74<br>3,86 | 6,50<br>6,80 |
| 3   | P. J. 55 J.<br>♂          | 78<br>108 | 1,55 | 4,60<br>6,60   | 2,95<br>4,25 | 59<br>61   | 31,50<br>24,40 | 2,41<br>2,68 | 2,87<br>--   | 4,73<br>--   |
| 4   | K. R. 28 J.<br>♂          | 97<br>128 | 1,80 | 8,56<br>10,95  | 4,75<br>6,09 | 88<br>86   | 23,40<br>17,65 | 3,33<br>3,22 | 3,15<br>3,32 | 5,94<br>6,23 |
| 5   | F. K. 26 J.<br>♂          | 89<br>109 | 1,50 | 5,31<br>6,88   | 3,54<br>4,59 | 60<br>63   | 34,50<br>28,70 | 3,05<br>2,72 | 2,93<br>2,94 | 4,89<br>4,91 |

Durchschnittswerte:

|         |     |      |      |      |    |
|---------|-----|------|------|------|----|
| Ruhe:   | 87  | 1,71 | 7,93 | 4,50 | 91 |
| Arbeit: | 109 |      | 9,97 | 5,70 | 92 |

## Kombiniertes Aorten-Mitralvitium:

| Nr.                 | Name, Alter<br>Geschlecht | F         | KO   | MV            | HI           | SV       | MKZ            | ZBV          | PV           | BV           |
|---------------------|---------------------------|-----------|------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 6                   | M. M. 22 J.<br>♀          | 95<br>136 | 1,51 | 9,40<br>12,62 | 6,22<br>8,36 | 99<br>93 | 11,00<br>8,30  | 1,72<br>1,74 | 2,47<br>2,46 | 3,78<br>3,84 |
| 7                   | H. B. 17 J.<br>♀          | 90<br>112 | 1,60 | 3,83<br>5,63  | 2,39<br>3,52 | 42<br>50 | 45,90<br>32,10 | 2,93<br>3,01 | 3,15<br>3,11 | 4,94<br>4,96 |
| Durchschnittswerte: |                           |           |      |               |              |          |                |              |              |              |
| Ruhe:               |                           | 92        | 1,55 | 6,61          | 4,30         | 71       |                |              |              |              |
| Arbeit:             |                           | 124       |      | 9,12          | 5,94         | 72       |                |              |              |              |

## Mitralvitien:

| Nr. | Name, Alter<br>Geschlecht | F         | KO   | MV           | HI           | SV       | MKZ            | ZBV          | PV           | BV           |
|-----|---------------------------|-----------|------|--------------|--------------|----------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 8   | Sch. L. 54 J.<br>♂        | 67<br>97  | 1,67 | 4,77<br>7,06 | 2,77<br>4,10 | 71<br>97 | 34,00<br>25,00 | 2,70<br>2,94 | 2,97<br>3,05 | 5,30<br>5,40 |
| 9   | K. I. 34 J.<br>♀<br>+     | 74<br>163 | 1,52 | 6,33<br>9,08 | 4,15<br>5,97 | 86<br>88 | 15,00<br>11,00 | 1,58<br>1,66 | 2,65<br>2,70 | 4,20<br>4,30 |
| 10  | Str. M. 47 J.<br>♀        | 84<br>102 | 1,60 | 5,64<br>6,88 | 3,53<br>4,30 | 67<br>67 | 24,60<br>27,40 | 2,31<br>3,20 | 2,60<br>2,64 | 4,23<br>4,30 |

Mitralvitien:

| Nr. | Name, Alter<br>Geschlecht | F         | KO   | MV            | HI           | SV       | MKZ            | ZBV          | PV           | BV           |
|-----|---------------------------|-----------|------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 11  | K. E. 17 J.<br>♀          | 91<br>130 | 1,69 | 7,28<br>10,50 | 4,31<br>6,21 | 80<br>81 | 10,70<br>9,10  | 1,30<br>1,59 | 2,71<br>2,71 | 4,16<br>4,22 |
| 12  | A. J. 30 J.<br>♂          | 59<br>67  | 1,87 | 5,35<br>6,40  | 3,01<br>3,60 | 90<br>95 | 32,40<br>29,10 | 2,89<br>3,10 | 3,51<br>3,50 | 6,02<br>6,14 |
| 13  | St. E. 35 J.<br>♀         | 80<br>120 | 1,69 | 7,09<br>8,83  | 4,24<br>5,22 | 88<br>73 | 23,50<br>12,20 | 2,75<br>1,79 | 2,79<br>2,77 | 4,47<br>4,51 |
| 14  | P. K. 28 J.<br>♂          | 83<br>97  | 1,96 | 5,56<br>6,48  | 2,84<br>3,30 | 67<br>67 | 27,00<br>27,40 | 2,50<br>2,96 | 2,86<br>2,90 | 5,10<br>5,20 |
| 15  | Br. W. 19 J.<br>♂         | 76<br>105 | 1,57 | 5,28<br>9,32  | 3,36<br>5,94 | 70<br>89 | 23,50<br>16,10 | 1,99<br>2,50 | 2,65<br>2,72 | 4,30<br>4,57 |
| 16  | Sch. W. 31 J.<br>♂        | 60<br>85  | 1,78 | 5,16<br>7,10  | 2,90<br>4,00 | 86<br>83 | 25,00<br>21,90 | 2,15<br>2,59 | 2,95<br>2,97 | 5,15<br>5,23 |
| 17  | B. U. 21 J.<br>♀          | 80<br>126 | 1,62 | 7,46<br>11,90 | 4,60<br>7,17 | 93<br>95 | 14,90<br>8,90  | 1,85<br>1,75 | 2,85<br>2,48 | 4,25<br>4,16 |
| 18  | L. A. 37 J.<br>♂          | 87<br>140 | 1,86 | 4,14<br>4,25  | 2,23<br>2,28 | 48<br>30 | 45,40<br>44,50 | 3,13<br>3,15 | 3,35<br>3,28 | 5,90<br>5,80 |

## Mitralvitien:

| Nr.                 | Name, Alter<br>Geschlecht | F        | KO   | MV           | HI           | SV        | MKZ            | ZBV          | PV           | BV           |
|---------------------|---------------------------|----------|------|--------------|--------------|-----------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 19                  | S. H. 33 J.<br>♀          | 55       | 1,73 | 4,12<br>6,00 | 2,38<br>3,47 | 75<br>67  | 24,00<br>22,50 | 1,65<br>2,25 | 2,78<br>2,83 | 4,55<br>4,70 |
| 20                  | Schm. F. 33 J.<br>♂       | 60<br>96 | 2,00 | 6,02<br>9,34 | 3,01<br>4,67 | 100<br>97 | 31,50<br>27,40 | 3,16<br>4,23 | 3,27<br>3,65 | 5,83<br>5,72 |
| Durchschnittswerte: |                           |          |      |              |              |           |                |              |              |              |
| Ruhe:               |                           | 73       | 1,73 | 5,78         | 3,33         | 78        |                |              |              |              |
| Arbeit:             |                           | 109      |      | 7,93         | 4,63         | 79        |                |              |              |              |

## Anamnesen und Befunde:

1. B. E. ♂ 28 Jahre. Beschwerden beim Treppensteigen, Kopfschmerzen, Flimmern vor den Augen.  
Bef.: diastolisches, gießendes Geräusch, paukender 1. Ton, hebender Spitzenstoß, RR 140/75.  
Rö: Linksbetontes Herz, Taille verstrichen.  
Phonogramm: Holodistolisches Geräusch kleiner Amplitude.  
Zeichen für Aorteninsuffizienz leichten Grades.
2. R. G. ♂ 29 Jahre. Herzbeschwerden beim Treppensteigen.  
Befund: Systolisches und diastolisches Geräusch, 2. Herzton gespalten. RR 240/65.  
EKG: Sichere Zeichen für Myokardschädigung.  
BW-Ableitung weist auf Hypertrophie hin.  
Phonogramm: Diastolisches Decrescendogeräusch, kurzes systol. Geräusch.
3. P. J. ♂ 55 Jahre. Als Kind Rachitis, seit 2 Jahren Beschwerden beim Treppensteigen, Schwindel, Sehstörungen, allgemeine Schwäche.  
Befund: Asymmetrischer Thorax. Syst. und diast. Geräusch im 2. und 3. ICR. RR 160/45.  
EKG: Sichere Zeichen für Myocardschädigung.  
Rö: erheblich sklerotische Aorta.  
Phonogr.: Protosyst. und protodiast. Geräusch.
4. K. R. ♂ 28 Jahre. Gelenkrheumatismus mit 10 und 12 Jahren. Seit einem Jahr Herzklopfen bei Anstrengung.  
Befund: Systol. und diastol. Geräusch, RR 205/30.  
EKG: Pathologischer Linkstyp, Zeichen für Hypertrophie und Myokardschädigung.  
Rö: Aortenkonfiguriertes Herz mit ausgeprägter Taille, RCR etwas eingengt.
5. F. K. ♂ 26 Jahre. Gelenkrheumatismus mit 10 Jahren, 1950 Herzklappenentzündung.  
Befund: Geringe Lippencyanose, red. EZ, stark pulsierende Carotis, starkes Systol. und Diastol. Geräusch über allen Ostien. Paukender 1. Ton, hebender Spitzenstoß. RR 130/10.  
EKG: Intraaurikuläre und intraventrikuläre Leitungsstörung. Zeichen für Linkshypertrophie und Myokardschädigung.
6. M. M. ♀ 22 Jahre. Gelenkrheumatismus mit 19 Jahren.  
Rö: Herzfernaufnahme: Muskelkräftiges, gering nach links verbreitertes Herz mit mäßig gut ausgeprägter Taille. Der linke Vorhof ist leicht in den RCR vorgewölbt. Aorta unauffällig.

EKG: Sichere Zeichen für Linkshypertrophie und Myokardschädigung.  
Phonogramm: Mit dem PM über der Aorta gelangt ein holosystolisches spindelförmiges Geräusch mit großer Amplitude zur Darstellung. Der 2. HT ist gespalten. Im hohen Frequenzbereich über der Spitze Spaltung des 1. Tones erkennbar.

7. H. B.      17 Jahre. Gelenkrheumatismus mit 14 Jahren. In Abständen neue Schübe.  
♀  
Befund: Starke epigastrische Pulsation, schabendes Geräusch über der Herzspitze, P<sub>2</sub> betont, über allen Ostien Systolicum. Leises diastol. Geräusch über dem 2. ICR rechts und Herzspitze. Hebender Spitzenstoß 1 QF außerhalb der MCL.  
Rö: Erheblich erweitertes Mitralherz, Cor bovinum.  
EKG: Sporadische Extrasystolen, Sinusrhythmus.  
Phonogramm: Befund spricht für komb. Aorten-Mitralvitium.
  
8. Sch. L.    54 Jahre. Herzbeschwerden seit 18 Jahren. Verstärkte Ermüdbarkeit, Unruhe, Angst, verfallener Gesichtsausdruck.  
♂  
Befund: Lautes rauhes Systolicum mit PM über der Spitze. Grenzen perkutorisch ca. 1 1/2 QF verbreitert. RR 106/68.  
Rö: Herzzwerchfellwinkel rechts verstrichen. Großes rundes Herz, jedoch ohne vitientyp. Umbau. Regelmäßige Herzaktion.
  
9. K. J.      34 Jahre. Psychoneurose. Müdigkeit, Beklemmungsgefühl, Arbeitsdyspnoe.  
♀  
Befund: Herz normal groß, lautes Systolicum über Spitze und Basis. P<sub>2</sub> betont. Voll kompensiertes Mitralvitium.  
EKG: Intraaurikuläre Leitungsstörung.  
Rö: Mitalkonfiguriertes Herz mit nur geringgradiger Vorwölbung des linken Vorhofs. Größe noch normal.  
Geringe Vorwölbung in den RCR.
  
10. St. M.    47 Jahre. Starkes Herzklopfen schon bei Ruhe, Halsvenen leicht gestaut, kräftig pulsierend. Keine Cyanose.  
♀  
Befund: Herz links verbreitert, paukender 1. Ton, 2. Ton akzentuiert, leises rauhes Systolicum, leises Diastolicum über der Spitze. RR 110/80.  
Rö: Taille verstrichen, RCR gering eingengt. Kompensiertes Mitralvitium.
  
11. K. E.      17 Jahre. Vor 2 Jahren Myokarditis, Tonsillitis.  
♀  
Paroxysmale Tachycardie.  
Befund: Herz 2 QF verbreitert. Systol. mit PM über der Spitze., 2. Töne über der Mitralis gedoppelt. Keine Cyanose. Kalte Hände, rote Flecken im Gesicht und am Hals.

Rö: Herztaille verstrichen, linker Vorhof ganz leicht in den RCR vorgewölbt.

EKG: Zeichen für Myocardschädigung.

12. A. J. ♂ 30 Jahre. Vor 10 Jahren Gelenkrheumatismus, Herzbeschwerden bei Anstrengung. Arbeitsdyspnoe.  
Befund: Systol. und kurzes diastol. Geräusch über der Herzmitte. RR 110/75.  
Rö: Etwas links betontes Herz, RCR frei.  
EKG: Intraaurikuläre Leitungsstörung.  
Phonogramm: Systol. Decrescendogeräusch, kurzes praesystolisches Geräusch. 1. HT gespalten.
13. St. E. ♀ 35 Jahre. Mit 17 Jahren Scharlach. Seit 10 Jahren Herzbeschwerden, Atemnot, Hustenreiz. In letzter Zeit Anfälle von Bewußtlosigkeit. Leistungsschwach. Geringe periphere Cyanose der Lippen, Wangen und Finger.  
Befund: Diastol. Decrescendogeräusch, weit gedoppelter 2. Ton, paukender 1. Ton, kurzes praesystol. Geräusch. RR 110/70.  
Rö: Herz normal groß, erweiterte Abflußbahn des rechten Ventrikels.  
EKG: Intraaurikuläre Leitungsstörung.
14. P. K. ♂ 28 Jahre. Mit 9 Jahren Gelenkrheumatismus. Zunehmende Atembeschwerden, geschwollene Beine.  
Befund: Kurzes Systolicum mit PM über der Herzmitte. Langgezogenes Diastolicum über der Spitze, 2. HT gedoppelt, absolute Arrhythmie. RR 125/80.  
Rö: Herz normal groß mit verstrichener Taille, prominenter Pulmonalisbogen. RCR deutlich eingengt.  
EKG: Vorhofflimmern, absolute Arrhythmie.
15. Br. W. ♂ 19 Jahre. Rückenschmerzen, Kopfschmerzen, Erbrechen.  
Befund: Systolisches und langes diastolisches Geräusch. Spitzenstoß im 6. ICR RR 90/45.  
Rö: Herz normal groß mit verstrichener Taille.  
EKG: Intraaurikuläre Leitungsstörung.
16. Schm. W. ♂ 31 Jahre. Mit 13 Jahren Gelenkrheumatismus. Seit 1 1/2 Jahren Herzklopfen, Atemnot, Schweißausbruch, Beklemmungsgefühl bei Anstrengung.  
Befund: Lautes Systolicum über der Spitze, gedoppelter 2. Ton, P<sub>2</sub> akzentuiert. RR 110/70.  
Rö: Mitralkonfiguriertes Herz. RCR deutlich eingengt.

17. B. U. 21 Jahre. Vor 4 Jahren Gelenkrheumatismus, seit 4 Jahren Herz-  
 o fehler bekannt. Bei Anstrengung Atemnot und Kopfschmerzen,  
 + etwas Cyanose.  
 Befund: Unreiner 1. Ton, P<sub>2</sub> akzentuiert. RR 135/70.  
 Rö: Herz normal groß, Taille verstrichen, linker Vorhof leicht in  
 den RCR vorgewölbt. Beginnende Umformung des Herzens im Sinne  
 einer Mitralkonfiguration, noch keine Dekompensationserscheinun-  
 gen.
18. L. A. 37 Jahre. Mit 5 Jahren Gelenkrheumatismus. Vor 16 Jahren Herz-  
 ♂ fehler festgestellt. Herzklopfen, Atemnot, keine Cyanose.  
 Befund: Systolisches und diastolisches Geräusch über der Spitze.  
 RR 130/85.  
 Rö: Das Herz sitzt dem Zwerchfell breitbasig auf. Es ist allseitig  
 erweitert und mitralkonfiguriert. Der Conus pulmonalis ist deutlich  
 prominent. Die Aorta erscheint im Bereich der Pars ascendens  
 dilatiert, jedoch nicht wesentlich elongiert. Übriges Gefäßband im  
 Mediastinum unauffällig.
19. S. H. 33 Jahre. Keine rheumatische Anamnese. Seit einigen Jahren Atem-  
 ♀ not, Beklemmungsgefühl, geschwollene Beine, Arbeitsdyspnoe, Lip-  
 + pen- und Wangencyanose, Fingertremor, feuchte Hände.  
 Befund: Deutliche Pulsation der Pulmonalisgegend. Systolisches und  
 praesystolisches Geräusch, Mitralöffnungston. RR 115/85.  
 Rö: Typische Mitralkonfiguration des Herzens. RCR eingeengt.  
 EKG: P-mitrale, Zeichen von Rechtshypertrophie.
20. Schn.F. 32 Jahre. Als Kind Rachitis, Lippencyanose.  
 ♂ Befund: Diastolikum, gedoppelter 2. Ton.  
 Rö: Herz normal groß. Vorhof und Pulmonalisbogen auf der  
 Sagittalebene leicht prominent. RCR im linken Vorhofbereich ein-  
 geengt. Beginnende Stauungsinduration der Lunge.  
 EKG: Intraaurikuläre Leitungsstörung, P-mitrale. Sichere Zeichen  
 für Myocardschädigung.

Besprechung der Untersuchungsergebnisse bei herzkranken Patienten.

Die Patienten mit Aorteninsuffizienz zeigen bei Belastung einen geringeren Minu-  
 tenvolumenanstieg gegenüber Normalpersonen. Das Schlagvolumen ist in Ruhe  
 relativ hoch und vermag sich bei Arbeit nur wenig zu steigern.

Bei den kombinierten Aorten-Mitralkonfigurationen ist die Minutenvolumenzunahme fast  
 ausschließlich auf Schlagfrequenzsteigerung zurückzuführen. Das Schlagvolumen  
 liegt in einem Fall mit kurzer rheumatischer Anamnese in Ruhe noch im Normbe-  
 reich, ist aber den Anforderungen bei körperlicher Arbeit nicht mehr gewachsen,  
 es zeigt vielmehr eine Verminderung. Bei erheblich dekompensierten Aorten-

Mitralvitien ist das Schlagvolumen schon in Ruhe auf ein Minimum reduziert, kann aber bei Belastung etwas ansteigen. Insgesamt gesehen bleibt das Schlagvolumen am Minutenvolumenanstieg unbeteiligt.

Die Gruppe der Mitralvitien zeigt im Durchschnitt ein normales Ruheminutenvolumen. Im Ganzen gesehen ist die Minutenvolumenzunahme bei Belastung gegenüber Gesunden deutlich verringert, die Schlagfrequenz dagegen erhöht. Das Ruheschlagvolumen liegt relativ hoch, erreicht in einem Fall mit einem Minutenvolumenwert von 6,02 Ltr. sogar den Maximalwert von 100 ccm. Erst bei Belastung zeigt sich durch Verminderung des Schlagvolumens ein deutlicher Effekt des Ventildefekts. Bei einem Patienten mit 32jähriger rheumatischer Anamnese sind Minutenvolumen und Schlagvolumen stark reduziert. Im Verhältnis zum zentralen Blutvolumen tritt die Schlagvolumenverminderung noch stärker hervor. Das Herz ist auch den geringsten Anforderungen nicht mehr gewachsen, der Patient wurde im Belastungsversuch cyanotisch, schwach und bekam Wadenkrämpfe. Das Minutenvolumen kann nicht gesteigert werden, das Schlagvolumen sinkt ab.

Ein jüngerer Patient mit kürzerer rheumatischer Ätiologie (17 Jahre) zeigt bei mittelschwerer Arbeit deutliche Insuffizienz des Herzens mit ungenügendem Anstieg des Minutenvolumens, bezogen auf den Sauerstoffverbrauch, und Gleichbleiben des Schlagvolumens bei 67 ccm. Bei röntgenologisch festgestellten mitral-konfigurierten Herzen ist in den beschriebenen Fällen das Schlagvolumen nie an der Minutenvolumenzunahme beteiligt, es bleibt gleich oder sinkt ab. Nur bei 2 Patienten ohne periphere Symptome, ohne Cyanose, Ödeme, Arbeitsdyspnoe wird eine Steigerung des Schlagvolumens gefunden.

## MIT ANDEREN METHODEN GEWONNENE ERGEBNISSE NACH ANGABEN DES SCHRIFTTUMS

### 1. Untersuchungen mit Fremdgasmethode

Die Art des Fremdgases, das zur Bestimmung des Schlag- und Minutenvolumens gebraucht wird, muß einige wichtige Voraussetzungen erfüllen. Es darf nicht lipoidlöslich sein; denn der verschiedene Lipoidgehalt bei verschiedenen Individuen würde variable Werte ergeben. Nur ein lipoidunlösliches Gas hat eine konstante Löslichkeit. Das Gas muß leicht diffundieren können, damit sich durch das Alveolarepithel zwischen Blut und Lungenluft rasch ein Gleichgewicht einstellt. Die Löslichkeit im Blut muß eine vernünftige Größe haben. Weiterhin muß das Gas leicht und genau analysierbar sein. Azetylen, das durch GROLLMAN (7) 1929 zur Bestimmung von Kreislaufgrößen eingeführt wurde, erfüllt die genannten Forderungen in jeder Beziehung.

Die Methode ist relativ leicht ausführbar. Atmet man ein Gasgemisch ein, das ein körperfremdes Gas enthält, so wird das Gas ins Blut aufgenommen und ge-

langt ins Gewebe. Nach dem physikalischen Gesetz der Lösung von Gasen in Flüssigkeit wird sich das Gas zwischen Alveolarluft und Blut verteilen. Nach diesem Gesetz ist das Volumen des in der Flüssigkeit gelösten Gases proportional seiner Spannung über der Flüssigkeit. Kennt man die Löslichkeit des Gases, so kann man die Gasmenge berechnen, welche die Flüssigkeit pro Volumeneinheit bei gegebener Spannung aufnimmt. Ebenso kann man durch Messung der in der Flüssigkeit gelösten Gasmenge und der Spannung des Gases über der Flüssigkeit die Flüssigkeitsmenge berechnen, die mit dem Gas ins Gleichgewicht gebracht wurde. Das Blut, das durch die Lungen fließt, tritt in Gleichgewicht mit dem Fremdgas.

Spannung und Absorptionsgröße dieses Gases werden bestimmt und daraus das pro Zeiteinheit durch die Lunge fließende Blutvolumen berechnet. Da das gesamte Blut, welches durch das Herz gepumpt wird, auch die Lungen passiert, ist es möglich das Minutenvolumen zu errechnen. Voraussetzung für jede Bestimmung ist das Gleichgewicht zwischen dem Azetylen in Lungenalveolen und Blut und die Beendigung der Atmung vor Ablauf einer Umlaufzeit, also Rückkehr des Azetylens zu den Lungen.

Die Grenzen für die Azetylenmethode legte GROLLMAN (6) im Arbeitsversuch fest. Er zeigte, daß es bei körperlicher Arbeit unmöglich ist, die Atemprozedur vor Beendigung einer Umlaufzeit abzuschließen, wenn das Minutenvolumen 10 Liter überstiege. Aber CHRISTENSEN (5) fand in zahlreichen Untersuchungen, daß, wenn sich die Sammelzeiten in möglichen Grenzen verhielten, Variationen dieser Zeit ohne Folgen seien, so lange eine vollkommene Mischung vor Sammeln der ersten Proben erreicht würde. Jedoch ist bei einer Muskelanstrengung und Minutenvolumenerhöhung über 10 Liter die Anwendung des Azetylens in der Versuchsanordnung von KROGH (14) und LINDHARD (15) vorzuziehen.

In folgenden Tabellen seien aus zahlreichen sorgfältigen Untersuchungen mit der Azetylenmethode lediglich das Minutenvolumen, das Schlagvolumen, der Herzindex und die Pulsfrequenz hervorgehoben und ihre Abhängigkeit bei Arbeit durch die fördernde Wirkung der Muskeln auf die Rückkehr des Blutes zum Herzen.

Bei 50 jungen Normalpersonen unter Grundumsatzbedingungen fand GROLLMAN (6) folgende Werte:

|                     | MV (Liter)  | F       | SV(ml)  | HI          |
|---------------------|-------------|---------|---------|-------------|
| Äußerste Werte:     | 2,96 - 4,61 | 49 - 78 | 38 - 84 | 1,90 - 2,49 |
| Durchschnittswerte: | 3,87        | 64      | 62      | 2,20        |

CHRISTENSEN (5) führte im Arbeitsversuch 325 Kreislaufbestimmungen an Normalpersonen durch. Dabei berechnete er die Durchschnittswerte und stellte die Ergebnisse von drei weiblichen untrainierten Versuchspersonen denen von drei männlichen trainierten gegenüber.

## Untrainierte

## Trainierte

| Arbeitsleistung<br>in kgm/min |     |      |     | Arbeitsleistung<br>in kgm/min |     |      |     |
|-------------------------------|-----|------|-----|-------------------------------|-----|------|-----|
|                               | F   | MV   | SV  |                               | F   | MV   | SV  |
| 0                             | 64  | 4,4  | 64  | 0                             | 70  | 4,2  | 60  |
| 600                           | 176 | 16,8 | 95  | 720                           | 118 | 16,5 | 140 |
| 0                             | 69  | 4,6  | 68  | 0                             | 73  | 4,4  | 60  |
| 720                           | 151 | 20,3 | 134 | 720                           | 116 | 20,5 | 177 |
| 0                             | 77  | 4,6  | 60  | 0                             | 65  | 4,6  | 71  |
| 720                           | 145 | 17,4 | 120 | 720                           | 131 | 19,1 | 146 |

## Durchschnittswerte:

|         | Untrainierte |      |     |  | Trainierte |      |     |
|---------|--------------|------|-----|--|------------|------|-----|
| Ruhe:   | 70           | 4,5  | 66  |  | 69         | 4,4  | 64  |
| Arbeit: | 157          | 18,1 | 116 |  | 122        | 18,7 | 154 |

Das Ansteigen des Minutenvolumens ist teils durch Steigerung der Herzfrequenz, teils durch ein gesteigertes Schlagvolumen bedingt. Bei Arbeit steigen Pulszahl und Minutenvolumen bei Trainierten weniger als bei Untrainierten. Das Schlagvolumen ist dagegen erheblich kleiner als bei Trainierten. Dieses anwachsende Schlagvolumen bei trainierten Personen beruht, wie CHRISTENSEN zeigte, wenigstens teilweise auf Herzhypertrophie, aber es können auch andere Faktoren bei der Vergrößerung des Schlagvolumens eine Rolle spielen.

Die Klappenerkrankungen des Herzens mit Behinderung des Blutstromes oder mit ungenügendem Klappenschluß bilden einen wesentlichen Teil der Erkrankungen des Herzens. Es ist deshalb wichtig zu wissen, inwieweit die Klappenerkrankungen die Kreislaufgrößen beeinflussen.

LUNDGAARD (16), dessen Ergebnisse bei Herzkranken unter Ruhebedingungen hier wiedergegeben werden, arbeitete mit der Methode nach KROGH-LINDHARD.

GROLLMAN (6) folgerte, da vorgeschrittene Klappenerkrankungen häufig mit pathologischen Veränderungen an der Lunge einhergehen, daß die KROGH-LINDHARDSche Methode zu hohe Werte ergibt.

Die Klappenerkrankungen werden nach kombinierten Aorten-Mitralvitien und Mitralstenosen eingeteilt.

### Aorten-Mitralvitien:

| Alter | KO   | F        | MV   | HI   | SV | Klinische Zeichen                                           |
|-------|------|----------|------|------|----|-------------------------------------------------------------|
| 16    | 1,46 | 78 - 90  | 4,65 | 3,20 | 61 | Kompensiert in Ruhe, keine Arbeitsdyspnoe.                  |
| 16    | 1,45 | 80 - 100 | 4,25 | 2,90 | 48 | Stark dekompenziert, Cyanose, Dyspnoe.                      |
| 27    | 1,78 | 76 - 110 | 3,20 | 1,80 | 38 | Leicht dekompenziert, leichte Cyanose, Dyspnoe.             |
| 29    | 1,72 | 72 - 96  | 2,20 | 1,30 | 26 | Stark dekompenziert, Cyanose, Dyspnoe, Ödeme Lungenstauung. |
| 36    | --   | 90 - 96  | 3,00 | --   | 33 | Stark dekompenziert, Dyspnoe, Ödeme, Lungenstauung.         |

### Durchschnittswerte:

| KO   | F       | MV   | HI   | SV |
|------|---------|------|------|----|
| 1,60 | 79 - 99 | 3,50 | 2,30 | 42 |

### Mitralstenosen:

| Alter | KO   | F       | MV   | HI   | SV | Klinische Zeichen                                  |
|-------|------|---------|------|------|----|----------------------------------------------------|
| 27    | 1,74 | 62 - 96 | 2,00 | 1,20 | 28 | Stark dekompenziert, Cyanose, geringes Ödem.       |
| 39    | 1,66 | 90 - 96 | 3,15 | 1,90 | 34 | Leicht dekompenziert, Leberstauung, keine Cyanose. |
| 43    | 1,83 | 72 - 82 | 2,25 | 1,20 | 27 | Kompensiert.                                       |
| 21    | 1,70 | 60 - 78 | 5,60 | 3,30 | 79 | Kompensiert.                                       |
| 21    | --   | 50 - 78 | 4,20 | --   | 74 | Leicht dekompenziert.                              |

### Durchschnittswerte:

| KO   | F       | MV   | HI   | SV   |
|------|---------|------|------|------|
| 1,73 | 67 - 86 | 3,44 | 1,90 | 48,5 |

LUNDGAARDs Untersuchungen zeigen, daß Klappenfehler bei Menschen mit einer Verminderung des Minutenvolumens einhergehen, die bei Dekompensation stark ausgeprägt ist. Das Schlagvolumen ist stark verkleinert. Jeder Herzschlag

wirft nur einen Bruchteil der normalen Blutmenge aus. Die Bestimmung von Kreislaufgrößen bei Muskularbeit kann ein Maß der Leistungsfähigkeit des Herzens sein und pathologische Fälle aufdecken, die in Ruhe noch keine deutlichen Zeichen von Kreislaufinsuffizienz erkennen lassen. Leider stehen diesen sehr wichtigen Untersuchungen methodische Schwierigkeiten im Wege, so daß das geringe Material das Ergebnis unsicher macht. ALT, WALKER und SMITH (1) verglichen Minutenvolumen, Schlagvolumen und Frequenz bei kombiniertem Aorten-Mitralvitium und Mitralstenose gegenüber 3 Fällen ohne Herzerkrankungen, also Normalpersonen, bei einer Arbeitsleistung von 351 kgm/min.

| Diagnose            | F   | MV    | SV  |
|---------------------|-----|-------|-----|
| Normal              | 122 | 14,80 | 121 |
| Normal              | 130 | 13,60 | 105 |
| Normal              | 120 | 14,40 | 120 |
| Aorten-Mitralvitium | 122 | 10,90 | 89  |
| Mitralstenose       | 121 | 14,80 | 122 |

Das Ergebnis ist kaum verwertbar, zumal Normalpersonen schon sehr verschieden reagieren. So zeigt dieser Arbeitsversuch keinen wesentlichen Unterschied zwischen gesunden Versuchspersonen und dem Fall von Mitralstenose.

BANSI u. GROSCURTH (3) zeigen in einer größeren Untersuchungsreihe zumindest qualitativ die Unterschiede zwischen normalen und kranken Personen hinsichtlich ihrer Reaktion bei Muskularbeit. Sie fanden, daß bei Patienten mit relativer Insuffizienz das Minutenvolumen nicht im gleichen Ausmaß gesteigert wird wie bei Gesunden. Bei dekompensierten Herzkranken ist das Minutenvolumen schon in Ruhe vermindert. Bei Arbeit steigt es nicht meßbar an, so daß diese Patienten unfähig sind, infolge der ungenügenden Blutzufuhr Arbeit zu leisten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

Mit Hilfe der gasanalytischen Untersuchung wurde bei gesunden Versuchspersonen ein Ruheminutenvolumen um 4,5 Ltr. gefunden, das bei körperlicher Anstrengung bis auf etwa das Dreifache des Ruhewertes anstieg. Dieser Anstieg war teils durch Steigerung der Herzfrequenz, teils durch gesteigertes Schlagvolumen bedingt. Das Schlagvolumen lag in Ruhe zwischen 60 ml und 70 ml. Unter Arbeitsbedingungen konnten trainierte Versuchspersonen das Schlagvolumen um das 2 1/2fache des Ruhewertes erhöhen. Bei Untrainierten lag der Minutenvolumenanstieg zu gleichen Teilen bei Frequenz- und Schlagvolumenzuwachs.

Patienten mit Herzklappenfehlern zeigten schon in Ruhe ein vermindertes Minutenvolumen, ein stark verkleinertes Schlagvolumen zwischen 43 ml und 49 ml. Folgt man CHRISTENSEN (5), der bei dekompensierten Herzkranken keinen nennenswerten Anstieg des Minutenvolumens fand, so ist bei Arbeit kein Zuwachs des Schlagvolumens, höchstens ein Gleichbleiben oder sogar Absinken zu erwarten.

## 2. Ballistokardiographische Untersuchungen

Die Ballistokardiographie ist aus längere Zeit zurückliegenden und wieder aufgegriffenen Beobachtungen entstanden. Das Ballistokardiogramm ist eine Aufzeichnung von Schwingungen des menschlichen Körpers, die im Zusammenhang mit der Herztätigkeit und der Blutströmung stehen. Gemeint sind Bewegungen, die der Körper als Ganzes ausführt. Es handelt sich dabei um Wirkung von Reaktionskräften nach der Art eines Rückstoßes, die das ausgeworfene Blut auf Herz und Gefäße und damit auf den Gesamtkörper ausübt (KLENSCH, 12).

Lediglich die niederfrequenten und kräftefreien Methoden (Elongations-BKG) erlauben eine von technischen Gesichtspunkten her einwandfreie Registrierung.

Die Vorteile des Verfahrens liegen in einer absoluten Gefahrlosigkeit, einer erheblichen Vereinfachung der Untersuchung und des Berechnungsvorganges. Nach der Kurvenregistrierung muß lediglich Größe und Gewicht der Versuchsperson festgestellt werden, um aus 4 von der Kurve abgegriffenen Werten das Schlagvolumen zu berechnen. Die Formel zur Ermittlung des Schlagvolumens wird aus der Newtonschen Gleichung abgeleitet: Erhaltung des Gesamtschwerpunktes eines geschlossenen Systems. Die Bestimmung des Schlagvolumens auf physikalischer Grundlage mittels der Elongations-Ballistokardiographie ist dadurch ausgezeichnet, daß sie nicht integrativ über mehrere Pulsschläge mißt, sondern das Volumen jeder einzelnen erfaßten Herzrevolution zu berechnen gestattet. Hierin unterscheidet sich das Verfahren grundsätzlich von allen gasanalytischen und Farbstoffmethoden.

Die Schlagvolumen- und Minutenvolumenwerte wurden in der Regel in den Untersuchungen von KLENSCH bis 20 Minuten nach Arbeitsende verfolgt, jedoch seien nur die Werte unmittelbar nach der Belastung näher betrachtet, die für einen Vergleich mit anderen Verfahren in Frage kommen. In der vorliegenden Methode zur Bestimmung des Schlagvolumens stehen vorerst eine kleine Anzahl von Untersuchungsergebnissen zur Verfügung, aber das geringe Material läßt Rückschlüsse auf die Methode und ihre Auswertung zu.

Nach der Untersuchungsanordnung von KLENSCH (13) blieben die Probanden mindestens 15 Minuten völlig entspannt auf dem BKG-Tisch liegen.

Durchschnittswerte von 40 gesunden Probanden unter Ruhebedingungen:

|     |                              |
|-----|------------------------------|
| MV: | 3,82 Ltr. (1,61 - 5,88 Ltr.) |
| F:  | 69/min. (53 - 78/min)        |
| SV: | 55,5 ml (27,5 - 82,5 ml)     |

Mittelwerte aus 12 Arbeitsversuchen: (je 10. Minuten 150 Watt).

| Arbeits-<br>leistung | Untrainierte |         |     | Arbeits-<br>leistung | Trainierte |         |     |
|----------------------|--------------|---------|-----|----------------------|------------|---------|-----|
|                      | MV           | F       | SV  |                      | MV         | F       | SV  |
| 0                    | 4,78         | 68      | 70  | 0                    | 4,69       | 59,5    | 78  |
| 150                  | 25,80        | 161     | 154 | 150                  | 26,80      | 140,0   | 191 |
| Gewicht:             |              | 71,6 kg |     |                      |            | 71,8 kg |     |
| Größe:               |              | 177 cm  |     |                      |            | 178 cm  |     |
| KO:                  |              | 1,82 qm |     |                      |            | 1,83 qm |     |

Der Ruhepuls und der Arbeitspuls ist niedriger beim Trainierten, das Ruheschlagvolumen und das Arbeitsschlagvolumen ist höher als beim Untrainierten. Das Minutenvolumen bei Ruhe und Arbeit kann dabei in beiden Fällen gleich sein. Die Kurven von Trainierten und Untrainierten nach sehr schwerer Arbeit machen deutlich, daß ein gemeinsamer Anstieg von Schlagvolumen und Schlagfrequenz anzunehmen ist und daß erst nach Erreichen eines weit über dem Doppelten des Ausgangswertes liegenden Schlagvolumens eine noch etwa notwendige weitergehende Steigerung des Minutenvolumens allein durch eine zusätzliche Pulszunahme erreicht werden kann. In sämtlichen Arbeitsversuchen zeigte sich, daß in jedem Falle, in dem das Minutenvolumen Werte über 20 Liter erreichte, das Schlagvolumen zumindest verdoppelt wurde und daß bei extremen Arbeitsleistungen, wobei Minutenvolumina von 30 Litern und mehr erreicht wurden, beim Trainierten das Schlagvolumen auf das Dreifache seines Ausgangswertes ansteigen kann. In keinem Fall wurde eine alleinige Beteiligung der Pulsfrequenz an der Minutenvolumenerhöhung festgestellt. Im allgemeinen ist die Fehlerbreite der ballistokardiographischen Methode groß (10).

### 3. Bestimmungen nach dem direkten Fickschen Prinzip unter Anwendung der Herzkatheterisierung

Die ersten zuverlässigen Bestimmungen von Kreislaufgrößen basieren auf dem von Adolf FICK im Jahre 1870 eingeführten direkten Verfahren, das die Berechnung durch Messung der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz und des Sauerstoffverbrauchs pro Minute ermöglicht. Die direkte Anwendung des Fickschen Prinzips machte ursprünglich eine Herzpunktion nötig, die im Tierversuch durchgeführt wurde. Die Schwierigkeit der Methode lag in der Gewinnung des gemischten venösen Blutes, da nur das Blut vor Einstrom in die Lunge in Frage kommt und nicht venöses Blut irgendeiner peripheren Vene. Durch die Entwicklung der kardiologischen Diagnostik mit Hilfe der Herzkatheterisierung nach FORSSMANN und CURNAND ist die Gewinnung venösen Mischblutes aus dem rechten Ventrikel relativ leicht. So erscheint heute die Entwicklung der Untersuchungsmethoden insofern abgeschlossen, als diese Art der Diagnostik die geringste Fehlerbreite (5 - 6 %) aufweist und

relativ gefahrlos durchgeführt werden kann (SIEDEK, 24).

Blut- und atemgasanalytische Untersuchungen, wie sie im Rahmen der Herzkathetermethode ausgeführt werden, dienen der Gewinnung zahlreicher Kreislaufgrößen. Als Standardmethode zur quantitativen Bestimmung des Blutgases ist die manometrische nach van SLYKE (27) anzusehen. Der Nachteil dieser Messung nach van Slyke liegt in dem erheblichen Zeitaufwand (MARING, 17).

Bei der Berechnung des Minutenvolumens kommt das direkte Ficksche Prinzip zur Anwendung. Es besagt, daß die Sauerstoffdifferenz zwischen arteriellem und venösem Blut direkt proportional ist der Sauerstoffaufnahme in der Lunge bzw. der Sauerstoffabgabe im peripheren Kapillargebiet und umgekehrt proportional dem die Lunge bzw. die Großkreislaufkapillaren passierenden Blutvolumen. Die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz wird hierbei aus der Differenz zwischen  $O_2$ -Gehalt einer peripheren Arterie, z. B. Arteria femoralis, und der Arteria pulmonalis ermittelt. (BAYER, 4).

MUSSHOFF, REINDELL, KLEPZIG und KIRCHHOFF (19) führten Untersuchungen nach dem Fickschen Prinzip bei 4 untrainierten Normalpersonen beiderlei Geschlechts und bei 6 männlichen, gut trainierten Sportlern durch. Sie bestimmten das Schlagvolumen im Liegen bei Ruhe und körperlicher Arbeit von 100 Watt.

|                   | Herzvol. (cm <sup>3</sup> ) | SV ccm       | SV/100 Watt ccm | SV max. ccm   |
|-------------------|-----------------------------|--------------|-----------------|---------------|
| Männer und Frauen | 625 ± 129,3                 | 67,1 ± 6,29  | 94,2 ± 8,41     | 108,5 ± 17,89 |
| Sportler          | 925 ± 88,0                  | 96,9 ± 25,33 | 142,4 ± 209,2   | 158,9 ± 19,85 |

KLENSCH (11) und Mitarbeiter bestimmten in einer simultanen Untersuchungsreihe

1. das Schlagvolumen mit der ballistokardiographischen Methode
2. das Schlagvolumen nach dem Fickschen Prinzip.

Diese Untersuchungen wurden vorerst nur unter Ruhebedingungen durchgeführt.

Die ballistische Methode:

| Nr. | Name  | Diagnose         | Größe | Gewicht | KO   | F   | SV    | MV   |
|-----|-------|------------------|-------|---------|------|-----|-------|------|
| 1   | W. Z. | Gesund           | 1,76  | 66 kg   | 1,83 | 100 | 65,2  | 6,51 |
| 2   | M. V. | Mitralst.        | 1,59  | 64      | 1,66 | 84  | 47,17 | 4,02 |
| 3   | I. S. | Mitralst.        | 1,52  | 51,5    | 1,46 | 93  | 33,9  | 3,15 |
| 4   | C. W. | Mitralst.        | 1,63  | 60      | 1,65 | 71  | 66,9  | 4,75 |
| 5   | F. S. | Komb. Mitralvit. | 1,68  | 77      | 1,88 | 121 | 37,7  | 4,56 |

# Nach dem Fickschen Prinzip:

| Nr. | Name  | Diagnose              | O <sub>2</sub> /min<br>ccm | AV-Diff./O <sub>2</sub><br>Vol % | F   | SV   | MV   |
|-----|-------|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|-----|------|------|
| 1   | W. Z. | Gesund                | 296                        | 4,65                             | 103 | 61,4 | 6,36 |
| 2   | M. V. | Mitralst.             | 240                        | 5,00                             | 89  | 53,7 | 4,78 |
| 3.  | I. S. | Mitralst.             | 270                        | 5,24                             | 96  | 53,6 | 5,15 |
| 4   | C. W. | Mitralst.             | 247                        | 5,37                             | 81  | 58,2 | 4,60 |
| 5   | F. S. | Komb. Mi-<br>tralvit. | 294                        | 6,30                             | 102 | 45,8 | 4,67 |

In diesen Untersuchungen liegen die mit der ballistischen Methode bestimmten Minutenvolumenwerte im Mittel 9,3 % niedriger als die nach dem Fickschen Prinzip. Die Unterschiedlichkeit der mit beiden Verfahren erzielten Werte kann unter Umständen darin bestehen, daß bei der Fickschen Bestimmung geatmet wird, während bei der ballistokardiographischen Bestimmung unter Atemstillstand registriert wird.

Aus einer Arbeit von SCHWIEGK und RIECKER (23) geht hervor, daß bei Untersuchungen mit dem direkten Fickschen Prinzip das Ruheminutenvolumen im Stadium der Herzinsuffizienz nicht eindeutig erniedrigt zu sein braucht. Dagegen findet sich bei der akuten Herzinsuffizienz eine starke Verminderung des Ruheminutenvolumens und somit des Ruheschlagvolumens. Leistungsfähigkeit und Insuffizienz des Herzens sind nur zu definieren im Bezug auf bestimmte Belastung. Beim Gesunden steigt unter Arbeitsbelastung das Herzminutenvolumen proportional zum Sauerstoffverbrauch. Im Stadium der Herzinsuffizienz ist der Anstieg der Sauerstoffaufnahme während der Arbeit geringer. Die Gründe hierfür liegen im Verhalten des Herzminutenvolumens, das bei Herzinsuffizienz während der Arbeit weniger stark ansteigt und wegen der dadurch entstehenden Sauerstoffschuld längere Zeit nach der Arbeit vergrößert bleibt als beim Gesunden.

Bei der Herzinsuffizienz ist die Mehraufnahme von Sauerstoff nur über die Zunahme der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz möglich. So kann gerade aus dem Verhalten der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz die Leistungsunfähigkeit des Herzens abgelesen werden.

Abschließend kann gesagt werden, daß die mittels des direkten Fickschen Prinzips unter Anwendung der Herzkatheterisierung erhobenen Schlagvolumenwerte beim Gesunden in Ruhe zwischen 60 ccm beim untrainierten und 100 ccm beim trainierten Probanden liegen und bei körperlicher Arbeit von 100 Watt auf 94 ccm bzw. 142 ccm ansteigen.

Im Zustand der Herzinsuffizienz wurde ein vermindertes Ruheschlagvolumen gefunden, das bei Arbeitsbelastung nur gering anzusteigen vermag, gleichbleibt oder gar absinkt. Die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz gibt hierbei den Leistungsgrad des Herzens an.

## DISKUSSION

Durch die Möglichkeit, die Auswurfleistungen des Herzens beim Menschen mit Hilfe zuverlässiger Methoden, nämlich mit der Kathetermethode nach dem Fickschen Prinzip und der Farbstoffverdünnungsmethode zu bestimmen, wurde die Frage der Anpassung des Schlag- und Zeitvolumens an körperliche Arbeit bei Gesunden und Herzkranken neu aufgerollt.

Während es für frühere Untersucher sicher war, daß bei körperlicher Arbeit sowohl das Schlagvolumen als auch die Frequenz an der Minutenvolumensteigerung beteiligt sind, wurde in den letzten Jahren behauptet, daß die Steigerung des Minutenvolumens bei körperlicher Arbeit nur durch Frequenzsteigerung zustande käme (SJÖSTRAND, 25).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, daß Herzgesunde bei einer im Liegen ausgeführten Arbeit fast immer eine Zunahme des Schlagvolumens aufweisen. Die Steigerungsfähigkeit des Schlagvolumens darf somit als eine Leistungsreserve des Herzens aufgefaßt werden. Bei Herzklappenfehlern und chronischer Herzinsuffizienz wird zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Herzleistung ein Teil der Leistungsreserven schon in Ruhe in Anspruch genommen. Steigerung der Schlagfrequenz und größere diastolische Füllung (Dilatation) sind die beiden Mechanismen, die in kurzer Zeit zur Kompensation führen können. Auf längere Sicht kommt eine Zunahme der Blutmenge und Hypertrophie hinzu. Es ist zu erwarten, daß im Zustand der mehr oder weniger vollständigen Kompensation die Schlagvolumenreserve aufgebraucht wird und daß dies in einer veränderten Anpassung des Schlagvolumens bei Arbeit in Erscheinung treten wird.

Auf Grund dieser Überlegungen scheint es wahrscheinlich, daß das Verhalten des Schlagvolumens bei körperlicher Arbeit einen Einblick in die Leistungsreserven des Herzens geben kann.

Erwartungsgemäß fanden wir bei Herzklappenfehlern im allgemeinen eine geringere oder überhaupt keine Steigerung des Schlagvolumens während Arbeit und in einigen Fällen sogar eine Abnahme.

Obwohl das Ausmaß der Kompensation aus den klinischen Symptomen und Zeichen bei den meisten Herzkranken gut beurteilt werden kann, bietet die Messung der Anpassungsfähigkeit des Schlagvolumens an körperliche Arbeit einen objektiven Anhalt, so daß diese Untersuchung als Teil einer quantitativen Herzfunktionsprüfung angesehen werden kann.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit berichtet über eigene Untersuchungen mit der Farbstoffverdünnungsmethode zur Bestimmung des Schlagvolumens in Ruhe und bei körperlicher Arbeit an Gesunden und Herzkranken, die an der Medizinischen Poliklinik der Universität München durchgeführt wurden. Diese Ergebnisse wurden einigen Angaben des Schrifttums gegenübergestellt, die mit Hilfe der Fremdgasmethode, der Ballistokardiographie und der Fickschen Methode gewonnen wurden.

Bei den eigenen Untersuchungen mit der Farbstoffverdünnungsmethode wurden 2 ccm Evans-Blue in eine periphere Vene injiziert und die Plasmaproben des daraufhin peripher entnommenen arteriellen Blutes auf Farbstoffkonzentration untersucht.

Im Rahmen dieser Arbeit fanden an der Medizinischen Poliklinik der Universität München Untersuchungen von 20 Gesunden und 20 Herzkranken mit der Farbstoffverdünnungsmethode statt.

Dabei konnte gezeigt werden, daß an der Minutenvolumensteigerung bei Gesunden das Schlagvolumen wie auch die Schlagfrequenz beteiligt sind. Das Schlagvolumen liegt im Durchschnitt bei 100 ccm und steigert sich unter Arbeitsbedingungen um 20 %. Patienten mit Herzklappenfehlern gleichen Mehranforderung bei körperlicher Arbeit in stärkerem Maße oder überhaupt nur mit Hilfe einer Frequenzbeschleunigung aus. Das Schlagvolumen war im Durchschnitt nur zu 2 % an der Minutenvolumensteigerung beteiligt, es kann gleichbleiben oder gar absinken.

## L I T E R A T U R

1. Alt, H., G. L. Walker und W. C. Smith:  
The Effect of Exercise on the Circulation in Patients  
with Chronic Rheumatic Valvular Disease, Subacute  
Rheumatic Fever and Complete Heart Block.  
Arch. int. Med. 45, 958 (1930).
2. Asmussen, E. und Nielsen:  
Cardiac Output During muscular Work and Its Regulation.  
Physiol. Rev. 35, 779, 1955.
3. Bansi, H. W. und G. Groscurth:  
Die Kreislaufleistung während und nach der Arbeit beim  
gesunden und kranken Menschen.  
Z. Kreislaufforschg. 22, 657, 1930.
4. Bayer, O.:  
Technik der Herzkatheterisierung.  
Dtsch. med. Journal, Sonderheft Kardiologie 1959.
5. Christensen, H. E.: Das Herzminutenvolumen.  
Erg. Physiol. 39, 348, 1937.
6. Grollman, A. u. H. Baumann:  
Schlagvolumen und Zeitvolumen des gesunden und kran-  
ken Menschen.  
Dresden und Leipzig, Steinkopff 1935.
7. Grollman, A., S. Proger u. H. Dennig:  
Zur Bestimmung des Minutenvolumens mit der Azetylen-  
methode bei Arbeit, bei normalen und kranken Menschen.  
Arch. exper. Path. u. Pharmacol. 162, 463, 1931.
8. Hamilton, W. F., J. W. Moore, J. M. Kinsman u. R. G. Spurling:  
Further Analysis of the Injection Method and of  
Changes in Hemodynamics under Physiological and  
Pathological Conditions.  
Amer. J. Physiol. 89, 322, 1929.
9. Hamilton, W. F.: Circulation 8, 527, 1953.
10. Klensch, H. u. H. G. Haas:  
Kritik der ballistographischen Methoden.  
Pflügers Arch. 262, 272 1955/56.

11. Klensch, H., A. Schaede, P. Thurn, R. Caspari, H. Hilger:  
Vergleichende Untersuchungen des Minutenvolumens  
des Herzens mit der ballistischen und der Fickschen  
Methode.  
Pflügers Arch. 269, 232 - 239, 1957.
12. Klensch, H. u. W. Eger:  
Ein neues Verfahren der physikalischen Schlagvolumen-  
bestimmung (quantitative Ballistographie).  
Pflügers Arch. 263, 459, 1956.
13. Klensch, H. u. W. Hohnen:  
Bestimmung von Schlagvolumen und Minutenvolumen  
nach Arbeitsleistung mit der ballistischen Methode.  
Pflügers Arch. 265, 207, 1957.
14. Krogh u. Lindhard: zit. nach Grollman.
15. Lindhard, J.:  
Über das Minutenvolumen des Herzens bei Ruhe und  
bei Muskelarbeit.  
Arch. f. Physiol. 161, 233, 1915.
16. Lundsgaard, C.:  
Das Minutenvolumen bei Patienten mit Herzklappen-  
fehlern.  
Dtsch. Arch. Klin. Med. 118, 513, 1910.
17. Maring, H.:  
Blut- und Atemgasanalysen.  
Dtsch. med. J., Sonderheft Kardiologie 1959.
18. Moore, J. W., Hamilton, W. F., J. M. Kinsman und R. G. Spurling:  
Cardiac Output Determinations, Comparison of the  
Injection Method with the Direct Fick Procedur.  
Amer. J. Physiol. 89, 331, 1929.
19. Musshoff, K., H. Reindell, H. Klepzig und Kirchhoff:  
Größen- und Formänderung des Herzens.  
Handbuch der Inneren Medizin, Bd. 9, 801, 1960.
20. Nowy, H., K. Kikodse und N. Zöllner:  
Über die Bestimmung des Herzminutenvolumens und  
des zentralen Blutvolumens in Ruhe und bei körper-  
licher Arbeit mit der Farbstoffverdünnungsmethode.  
Z. Kreislaufforsch. 46, 382, 1957.
21. Nowy, H.:  
Herzfunktionsprüfung mit der Farbstoffverdünnungs-  
methode.  
Mü. Med. Wschr. 99, 1494, 1957.

22. Rushmer, R. F. and O. A. Smith:  
Cardiac Control.  
Physiol. Rev. 39, 41, 1959
23. Schwiegk, H. u. G. Riecker:  
Pathophysiologie der Herzinsuffizienz.  
Handbuch der Inneren Medizin, Bd. 9, 49, 1960.
24. Siedeck, H. und Mitarbeiter:  
Kreislaufveränderungen während der Herzkatheterunter-  
suchung.  
Z. Kreislaufforschg. 41, 776, 1952.
25. Sjöstrand, T.:  
Beurteilung und Regulation des Blutvolumens.  
Klin. Wschr. 1956, 561.
26. Sjöstrand, T.:  
Korrelation zwischen Herz und Gefäßsystem.  
Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschg. 22, 2112, 1956.
27. Van Slyke:  
zit. n. Maring.

Herrn Privat-Doz. Dr. NOWY gilt mein aufrichtiger Dank für die Annahme des Themas und die Übernahme des Referates.

Für die wohlwollende Unterstützung bei den experimentellen Untersuchungen im Rahmen der Arbeit danke ich Herrn Dr. FRINGS sehr herzlich.

## L E B E N S L A U F

Am 17. Juli 1934 wurde ich, Helga LEH, als jüngstes von vier Kindern des Industriekaufmanns Harry Hans Leh und seiner Ehefrau Magdalene, geb. Marzen in Coburg geboren.

Die ersten vier Grundschulklassen besuchte ich in Wiesbaden. Nach der Evakuierung 1944 nach Coburg trat ich im November 1945 in die dortige Oberschule für Mädchen ein. Die Reifeprüfung legte ich im Juli 1954 am Realgymnasium mit Erfolg ab.

Im Wintersemester 1954/55 immatrikulierte ich mich für das Studium der Humanmedizin an der Universität Würzburg. Nach 5 Semestern an der gleichen Universität bestand ich die ärztliche Vorprüfung im April 1957. Die folgenden 6 klinischen Semester belegte ich an der Universität München. Während der Semesterferien famulierte ich vorwiegend an der Medizinischen Abteilung des Landkrankenhauses Coburg sowie an der 1. Frauenklinik der Universität München.

Das Studium der Humanmedizin schloß ich nach 11 Fachsemestern am 15. Juni 1960 mit der ärztlichen Prüfung an der Universität München erfolgreich ab.

Zur Zeit bin ich als Medizinalassistentin am Städtischen Krankenhaus Weißenburg tätig.







